

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO
DE BANANO (*Musa* spp.) EN EL DISTRITO DE LA
MATANZA, VALLE DEL ALTO PIURA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. ADRIANO EMILIO HOLGUÍN QUISPE

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PIURA, PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE
BANANO (*Musa* spp.) EN EL DISTRITO DE LA MATANZA,
VALLE DEL ALTO PIURA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL EN AGRONOMÍA

PRESENTADA POR:

Br. ADRIANO EMILIO HOLGUÍN QUISPE
TESISTA

Dr. CÉSAR AUGUSTO MURGUÍA REYES
ASESOR

PIURA, PERÚ

2018

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE LA TESIS

YO ADRIANO EMILIO HOLGUIN QUISPE , identificado con DNI 48369202, Bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Agronomía y con domicilio legal en el Hermanos Cárcamo Mz C Lote 5, provincia Piura, Departamento Piura, con Email: adrianoemilioh@ gmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es auténtica e inédita, no es siendo copia parcial y total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el extranjero , en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, , me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N ° 411, del código penal Concordante con el Art. 32 de la ley N ° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección de los Derechos de Autor

En fe de lo que firmo la presente.

Piura, 09 de mayo del 2018

Br. ADRIANO EMILIO HOLGUIN QUISPE
DNI. 48369202

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE
BANANO (*Musa* spp.) EN EL DISTRITO DE LA MATANZA,
VALLE DEL ALTO PIURA**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL EN AGRONOMÍA

APROBADA POR:


Ing. JAVIER JAVIER ALVA M.Sc.
PRESIDENTE


Ing. EDGAR ABRAHAM MALDONADO DUQUE
VOCAL


Ing. ANA MARIA MONTERO SALAZAR
SECRETARIO

PIURA, PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISION DE INVESTIGACION AGRICOLA




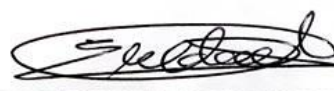
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 016-2018-CIAFA-UNP

Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado **"NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE BANANO (*Mussa spp.*) EN EL DISTRITO DE LA MATANZA, VALLE DEL ALTO PIURA"**, conducido por el **BR. ADRIANO EMILIO HOLGUIN QUISPE**, asesorado por el **Dr. Cesar A. Murguía Reyes**.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, la declaran APROBADO....., en consecuencia queda en condiciones de ser calificado APTO para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 16 de Abril del 2018.


Ing. Javier Javier Alva MSc.
Presidente


Ing. Abraham Maldonado Duque
Vocal


Ing. Ana María Montero Salazar
Secretario

DEDICATORIA:

A Dios por bendecirme y ayudarme cumplir mis metas. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Manuel Helguin, por los ejemplos de perseverancia, honradez y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mi madre Daisy Quispe, Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi hermano mayor Juan Manuel que me acompañó en esta aventura que significó la Tesis, del cual aprendo diariamente y que estuvo en momentos difíciles y de forma incondicional, a mi hermano Alejandro que entendió mis ausencias y mis malos momentos.

A las personas que forman parte de mi vida a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

ADRIANO EMILIO

AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. César Augusto Murguía Reyes por su asesoramiento constante durante este tiempo, por su amistad., así mismo por haber confiado en mi persona, por la paciencia y la dirección de este trabajo.

A la Dirección Regional De Agricultura, en especial al Proyecto De Inversión Pública (PIP BANANO ORGANICO) por el apoyo financiero y logístico para llevar a cabo esta investigación, por ofrecerme la oportunidad de adquirir experiencia, por la confianza y responsabilidades que actualmente me encomienda.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Piura, por haberme guiado ser un gran profesional.

A Luisa por motivarme cada día, por su amor desinteresado y por siempre estar ahí conmigo apoyando en los malos y buenos momentos.

A Junior por acompañarme en esta aventura que fue realización de la tesis, por ser un gran amigo y por ser mi apoyo en este proyecto.

Agradezco también a mis padres, hermanos, mis amigos y todas las personas que por razones de la vida me ayudaron con un granito de arena para culminar este proyecto.

Muchas gracias...

RESUMEN

En el presente estudio, se realizó un diagnóstico preliminar de los nematodos parásitos asociados a las raíces del cultivo del banano orgánico en los principales sectores productores ubicados en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura. La identificación de géneros de nematodos y sintomatología se realizó de forma descriptiva. Se cuantificaron los niveles poblacionales de los nematodos. Se realizaron muestreos aleatorios de poblaciones de nematodos durante 5 meses consecutivos en 12 sectores de producción de banano. Se determinó que las variedades Cavendish y William son las predominantes, el riego es por gravedad, las unidades de producción presentan áreas que varían entre las 0.75 y 5 ha y con una edad de plantaciones entre 2 a 10 años. El gremio de los fitófagos, comparados con los otros gremios tróficos detectados, presentaron la mayor población con un 66 % que correspondieron a 4624 individuos. Se identificaron asociados a las raíces cinco géneros de fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp, *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp. El mayor número de individuos se presentaron en los géneros *Tylenchus* y *Paratylenchus* siendo los más diseminados. *Meloidogyne* spp. se detectó en 10 de los 12 sectores evaluados, con una frecuencia relativa del 79.2 %, se cuantificaron poblaciones que variaron entre 1 y 220 nematodos/100 cm³ de suelo. *Helicotylenchus* spp. y *Pratylenchus* spp. se observaron en 8 y 7 sectores de producción, respectivamente.

Palabras claves: Musa, banano, nematodos

ABSTRACT

In the present study, a preliminary diagnosis was made of the parasitic nematodes associated with the roots of organic banana crop in the main producing sectors located in the district of La Matanza, Alto Piura Valley. The identification of nematode genera and symptoms was carried out descriptively. The population levels of the nematodes were quantified. Random samples were taken from nematode populations for 5 consecutive months in 12 sectors of banana production. It was determined that the Cavendish and William varieties are the predominant, the irrigation is by gravity, the production units present areas that vary between 0.75 and 5 ha and with an age of plantations between 2 to 10 years. The guild of the phytophages, compared with the other trophic guilds detected, had the largest population with 66% corresponding to 4624 individuals. Five phytophagous genera were identified associated with the roots: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. and *Paratylenchus* spp. The largest number of individuals occurred in the genus *Tylenchus* and *Paratylenchus* being the most widespread. *Meloidogyne* spp. was detected in 10 of the 12 sectors evaluated, with a relative frequency of 79.2%, populations that varied between 1 and 220 nematodes / 100 cm³ of soil were quantified. *Helicotylenchus* spp. and *Pratylenchus* spp. they were observed in 8 and 7 production sectors, respectively.

Key words: Musa, banana, nematodes

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVO GENERAL	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4. HIPÓTESIS GENERAL	2
1.5. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	2

CAPÍTULO 2

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen, importancia y características botánicas de <i>Musa</i> spp.	3
2.2. Nematodos parásitos asociados al banano	5
2.2.1. <i>Pratylenchus</i> spp.	5
2.2.1.1. Principales especies que afectan <i>Musa</i> spp.	5
2.2.1.2. Daños y síntomas	5
2.2.1.3. Biología y ciclo de vida	6
2.2.2. <i>Helicotylenchus</i> spp.	6
2.2.2.1. Daños y Síntomas	7
2.2.2.2. Biología y ciclo de vida	7
2.2.3. <i>Meloidogyne</i> spp.	8
2.2.3.1. Síntomas	8
2.2.3.2. Biología y ciclo de vida	8
2.2.4. <i>Radopholus similis</i>	9
2.2.4.1. Síntomas	9
2.2.4.2. Biología y ciclo de vida	10
2.2.5. Manejo de nematodos	10
2.2.5.1. Control Químico	10
2.2.5.2. Control cultural	11
2.2.5.3. Rotación de cultivos	11
2.2.5.4. Uso de plantas antagonistas	12
2.2.5.5. Enmiendas Orgánicas	12

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Período de ejecución y ubicación geográfica de los campos de producción	13
3.2. Tipo de estudio	13
3.3. Descripción de síntomas	13
3.4. Muestreo, detección y niveles poblacionales de nematodos parásitos	13
3.4.1. Zonas de muestreo	13
3.4.2. Toma de muestras suelo y raíces	14
3.4.3. Procesamiento de muestras	14
3.4.4. Extracción y cuantificación de nematodos de raíces	15
3.4.5. Extracción y cuantificación de nematodos de suelo	15
3.4.6. Identificación de nematodos	16
3.5. Análisis de datos	17

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación de los sectores bananeros y algunas características agronómicas	18
4.2. Identificación de la nematofauna asociada al banano	19
4.2.1. Grupos tróficos y géneros	19
4.2.2. Niveles de infestación	27
4.2.3. Sintomatología	27

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones	32
------------------------	-----------

CAPÍTULO 6

6. Recomendaciones	3
---------------------------	----------

CAPÍTULO 7

7. Referencias bibliográficas	34
--------------------------------------	-----------

CAPÍTULO 8

8. Anexos	40
------------------	-----------

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características agronómicas de los sectores productores de banano georreferenciados y muestreados ubicados en el distrito de la Matanza, valle del Alto Piura	18
Cuadro 2. Nematofauna asociada al cultivo de banano en 12 sectores de producción ubicados en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.	26
Cuadro 3. Parámetros ecológicos de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.	27
Cuadro 4. Poblaciones en raíces de diferentes estados de los nematodos endoparásitos <i>Meloidogyne</i> spp. y <i>Pratylenchus</i> spp. en dos sectores de producción de banano en el distrito de La Matanza, del Alto Piura.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Toma de muestras y raíces en el distrito de La Matanza – Valle del Alto Piura.	14
Figura 2. Procedimiento para la extracción de nematodos en el suelo, método de la flotación-centrifugación (Jenkins, W. 1964).	16
Figura 3 Clasificación de los nematodos según su morfología de estoma y esófago: (A) Bacterívoros, (B) Fungívoros, (C) Fitófagos (D) Predadores y (E) Omnívoros.	17
Figura 4 Ubicación geográfica de los 12 sectores muestreados en el distrito de La Matanza, provincia de Morropón.	19
Figura 5. Morfología del estoma y esófago de nematodos no parásitos de plantas. (A) Predador, (B) Fungívoro y (C) Bacterívoro	20
Figura 6. Morfología del cuerpo de <i>Tylenchus</i> spp. (A) Región anterior y (B) Región posterior.	21
Figura 7. Morfología del cuerpo completo de la hembra de <i>Paratylenchus</i> spp.	22
Figura 8. Morfología de hembras y machos de <i>Meloidogyne</i> spp. (A) Hembra completa, (B) Región de la cabeza del macho y (C) Región de la cola del macho.	23
Figura 9. Morfología del segundo estado juvenil (J2) de <i>Meloidogyne</i> spp. (A) J2 completo, (B) Región anterior y (C) Región posterior.	23

Figura 10.	Morfología del macho (A) y de la hembra (B) de <i>Helicotylenchus</i> spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.	24
Figura 11	Morfología de la hembra (A), macho (B), región anterior (vulva y cola) de la hembra (C) y región posterior (cola) del macho (D) de <i>Pratylenchus</i> spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.	25
Figura 12	Síntomas de agallamientos causados por <i>Meloidogyne</i> spp. sobre raíces secundarias y terciarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.	29
Figura 13	Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en la epidermis causadas por <i>Helicotylenchus</i> spp. en raíces primarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.	30
Figura 14	Lesiones necróticas internas alargadas de color marrón-rojizo en el tejido del parénquima cortical causadas por <i>Pratylenchus</i> spp. en raíces primarias de banano colectadas en el sector Pabur Viejo ubicado en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro 5	Medidas morfométricas (promedio +/- desviación estandar) de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de la Matanza, provincia de Morropón.	43
Cuadro 6	Zonas de recolección de muestras de suelo más raíces del cultivo de banano, sector, productor, Asociación, del valle del Alto Piura, Distrito de La Matanza –Morropón.	43

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Más de 100 millones de toneladas métricas de banano y plátano se producen anualmente en el mundo, el comercio internacional genera 5 billones de dólares por año. Estas frutas son el alimento básico para 400 millones de personas en el África y América Latina (FAO, 2004). En América Latina y el Caribe la producción de Musáceas supera los 31 millones de toneladas de fruta anuales provenientes de 1.4 millones de hectáreas, lo que equivale al 36% de la producción mundial. En la región Piura, específicamente el valle del Chira, es la zona productora más importante de banano orgánico para la exportación, el 87% del volumen de exportaciones se producen en este valle, en un área de producción que supera las 4000 ha desarrolladas casi en su totalidad por pequeños productores.

Los nematodos parásitos de plantas pueden causar serias restricciones a la producción mundial de banana, se han reportado 146 especies en 43 géneros asociados a este cultivo (Gowen and Quénéhervé, 1990). Las especies de nematodos más dañinas son las que destruyen las raíces primarias, debilitan el sistema de anclaje y producen el volcamiento de las plantas (Gowen et al., 2005). El daño potencial de las especies de *Meloidogyne* sobre banano y plátano ha sido muy poco estudiado en comparación con *R. similis*, hay indicios de que este grupo de nematodos pueden ocasionar considerables perjuicios a los bananos y plátanos, especialmente cuando *R. similis* no está presente (De Waele y Davide, 1998).

Chau-Coloma (2008) demostró que *R. similis* y *Meloidogyne* spp. son los más importantes nematodos parásitos de banano presentes en el Valle del Chira, Piura, destacando *R. similis* por presentar una mayor frecuencia de aparición en las diferentes zonas productoras del Valle del Chira. En las zonas productoras de banano orgánico del Valle del Alto Piura no se han realizado estudios relacionados a la detección de nematodos parásitos asociados a este cultivo, en ese sentido, en la presente investigación se realizará una prospección nematológica en los principales sectores productivos de banano orgánico en el distrito de La Matanza para estimar los niveles poblacionales, síntomas y especies de nematodos que afectan a este cultivo.

1.1. OBJETIVO GENERAL

a. Realizar un diagnóstico preliminar de los nematodos parásitos que afectan las raíces del cultivo del banano orgánico en los principales sectores productores ubicados en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Identificación morfológica de los géneros de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

b. Estimar los niveles de infestación en suelo y en raíces de los nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

c. Describir la sintomatología causada por nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

1.3. HIPÓTESIS GENERAL

a. El sistema radicular del cultivo de banano en los principales sectores productores ubicados en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura es atacado por nematodos parásitos.

1.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

a. La diversidad biológica de nematodos parásitos de banano presentan diferentes características morfológicas.

b. Los nematodos parásitos del cultivo de banano en el distrito de La Matanza, presentan diferentes niveles de infestación en suelo y raíces.

c. Los nematodos parásitos del cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura causan distinta sintomatología en este cultivo.

CAPÍTULO 2

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen, importancia y características botánicas de *Musa* spp.

Las bananas (*Musa* spp.) son originarias del sudeste del Asia y Pacífico occidental, desde ahí se dispersaron al África y Sudamérica, lo que ha dado lugar a una disminución de su diversidad genética desde su centro de origen. Debido a que no existe una distinción botánica consistente entre las bananas, éstas se han clasificado como banana para postre, cocina y cerveza (Gowen *et al.*, 2005). Los clones cultivados más comunes y usados para el comercio internacional son los Cavendish triploides AAA, el plátano que se consume cocido son Musa AAB y los clones de Musa AAA del altiplano del África Oriental que se destinan a la cocción o elaboración de cerveza. El 87 % de la producción de bananas se consumen localmente en los países productores, por lo que es un alimento básico de gran importancia en muchas regiones tropicales del mundo (Mc Intyre *et al.*, 2001; Frison *et al.*, 2004). La mayor producción de bananas es obtenida en pequeños sistemas de cultivos mixtos y sólo el 13 % se producen en plantaciones de gran escala comercial (Mc Intyre *et al.*, 2001).

El banano es una planta herbácea monocotiledónea, clasificada dentro de la familia Musáceas como genero Musa y orden zingiberales. (Stover y Simonds, 1987). Las raíces del banano poseen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 o 4. Posee raíces superficiales distribuidas en una capa de 30 a 40 cm, la mayor concentración de éstas se encuentran entre los primeros 15 a 20 cm de profundidad. Las raíces son de color blanco, cuando emergen, luego se vuelven amarillenta y duras, su diámetro oscila entre 5 y 10 mm ; la longitud varia y puede llegar entre 5 y 10 m en crecimiento lateral, si no son obstaculizadas durante su crecimiento y hasta 1.5 metros de profundidad. El poder de penetración de las raíces del banano es débil y su distribución radical está relacionado con la textura y la estructura del suelo. Morfológicamente, el cormo se define como un tallo que desarrolla hojas en la parte superior y raíces adventicias en la parte inferior o rizomorfo: produce una yema vegetativa o retoño que sale de la planta madre y sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos y crecen diametralmente formando el cormo. Los nudos están muy agrupados y en cada uno de ellos hay una hoja, la base foliar

se extiende lateralmente hasta circundarlo. Tanto las hojas bien desarrolladas como las escamas de lámina foliar reducida que las anteceden, subtienden a una sola yema lateral o futuro retoño (Champion, 1968). El cormo es un importante órgano de almacenamiento que ayuda a sustentar el crecimiento del racimo y el desarrollo de los hijos de la planta, antes de la floración el cormo contiene cerca del 35 % del total de la materia orgánica de la planta, el cual baja un 20 % al momento que alcanza la madurez del fruto, conforme las reservas se redistribuyen durante el crecimiento (Robinson, 1996).

Las hojas se originan en el punto central crecimiento o meristemo terminal parte superior del bulbo, luego se forma precozmente el peciolo situado en la nervadura central terminada en filamento, lo que posteriormente será la vaina. La lámina foliar es dorsiventral y glabra. Externamente, el limbo se observa como una lámina delgada, muy verde en su cara superior y más o menos glauca en el inferior, esta surcada por una nervadura estriada formada por las velas mayores que resaltan en la cara adaxial. La producción de las hojas cesa cuando emerge la inflorescencia. El pseudotallo ofrece a la planta apoyo, almacena las reservas amiláceas, permite alcanzar mayor altura y elevar el nivel de las láminas foliares que capturan la luz solar. Una planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Su estructura es resistente y puede soportar el peso de las láminas foliares y de su inflorescencia que hasta 75 kg (Simmonds, 1973). Cuando se producen cerca de 20 hojas, surge el tallo floral, que sigue la forma del eje de la inflorescencia, donde las hojas son reemplazadas por brácteas femeninas y masculinas dando origen a la bellota o chira, la inflorescencia está formada por glomérulos florales dispuestas en dos hileras e insertadas en el raquis, conocidos como coronas (manos). Las flores corresponden a tres clases: pistiladas, que forman las manos superiores; neutras, en la sección central y estaminadas, que se ubican en el punto terminal del racimo. El fruto se forma partiendo de los ovarios de las flores pistiladas que muestran un gran aumento en volumen la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa de azúcar y almidón (León, 1987)

Después de la floración, la inflorescencia en desarrollo se sostiene por un sistema de raíces en declive en el que la senescencia natural se apresura por la actividad de los patógenos de las raíces. El aumento del crecimiento radicular de la planta hija (sucesión) puede ser beneficioso durante esta fase crítica al proporcionar un anclaje adicional a la

planta madre y también como una fuente suplementaria de nutrientes para la fruta madura (Lavigne, 1987).

2.2. Nematodos parásitos asociados al banano

Se reportan 146 especies distribuidas en 43 géneros de nematodos parásitos o asociados a las especies de *Musa*. Los nematodos más devastadores y ampliamente distribuidos son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*, el ecto-endoparasito *Helicotylenchus multicinctus* y el endoparásito sedentario *Meloidogyne incognita*. Estos nematodos se convirtieron en los principales patógenos del sistema radicular del banano como consecuencia del cambio en el período de 1950 a 1970 de la variedad Gros Michel susceptible a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (causante del mal de Panamá) por cultivares Cavendish, resistentes a la enfermedad, pero susceptibles a dichos nematodos (Gowen, 1979; Gowen y Quénéhervé, 1990; McSorley, 1994; Gowen, 1994).

A pesar de la importancia de otras especies de fitonematodos en algunas zonas productoras, muchas investigaciones se han concentrado sobre *R. similis*. Pocos estudios se han realizado para conocer la interacción de los nematodos en las raíces de la banana, muy probablemente debido al predominio de *R. similis* sobre las otras especies (Gowen, 1979; Gowen y Queneherve, 1990).

2.2.1. *Pratylenchus* spp.

2.2.1.1. Principales especies que afectan *Musa* spp.

P. goodeyi es el más distribuido e importante en las zonas altas del África y el nematodo más peligroso de bananas Cavendish en las Islas Canarias. Los bananos son el único hospedante conocido de *P. coffeae*, se encuentra distribuido en los trópicos y tiene muchos hospederos. En América del Sur y Central, al parecer está más asociado con plátano que con clones de Cavendish pero esto no indica que solo algunas plantas musáceas sean sus hospederos preferidos (Gowen, 1994).

2.2.1.2. Daños y síntomas

Conocido como los "nematodos de la lesión" causan daños similares a los causados con *R. similis*, retraso del crecimiento de las plantas, prolongación del ciclo vegetativo, reducción del tamaño y número de hojas y del peso del racimo, reducción de la vida productiva y volcamiento de plantas. Las raíces fuertemente infestadas por *P. coffeae* presentan una necrosis negra o púrpura de tejido epidérmico y cortical, a menudo acompañada de podredumbre secundaria y ruptura de raíz. Necrosis similares pueden observarse en las partes externas del cormo (Bridge y Page, 1984). En las Islas Canarias, De Guiran y Vilardebó (1962) observaron que *P. goodeyi* penetra en el parénquima cortical de las raíces del banano formando pequeñas manchas alargadas de color rojo parduzco. Estas áreas de alimentación se agrandan y finalmente se aglutinan, por lo que la mayor parte del parénquima cortical se destruye, afectando la función de las raíces.

2.2.1.3. Biología y ciclo de vida

P. coffeae y *P. goodeyi* son endoparásitos migratorios de la corteza radicular y del cormo del banano. Ambos sexos del nematodo y todos los estadios juveniles son infectivos. El ciclo de vida se completa dentro de la raíz. Pinochet (1977) describió los cambios histológicos después de la inoculación de *P. coffeae* en las raíces de los clones AAB. Después de entrar en las raíces, los nematodos migran entre y dentro de las células, ocupando una posición paralela a la estela. Se alimentan del citoplasma de las células vecinas, causando eventualmente cavidades que se unen. La destrucción del parénquima cortical de las raíces de plátano por *P. coffeae* es muy similar a los efectos descritos por Blake (1961, 1966) para *R. similis* en los plátanos de postre, a excepción de que no observó agrandamiento celular ni aumento del tamaño del núcleo celular o nucléolo. El ciclo de vida se ha discutido en detalle en otras plantas hospederas (Gotoh, 1964), en promedio el ciclo de huevo a huevo es de aproximadamente 27 días en un rango de temperatura de 25-30 °C.

2.2.2. *Helicotylenchus* spp.

H. multicinctus conocido el "nematodo espiral" se encuentra en muchas regiones donde se siembran bananos (Gowen, 1979; McSorley, 1994). En áreas tropicales donde *R. similis* está presente, el "nematodo espiral" es de importancia secundaria (McSorley, 1994). Sin embargo, *H. multicinctus* podría superar numéricamente a *R. similis* en localidades donde las especies coexisten. En áreas subtropicales donde el "nematodo barrenador" es raro o no se presenta, *H. multicinctus* puede ser el más importante problema del cultivo (McSorley, 1994).

2.2.2.1. Daños y Síntomas

Los "nematodos espiral" atacan y se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz y producen pequeñas y características lesiones necróticas (Luc y Vilardebo, 1961). El desarrollo de las lesiones radiculares causadas por *H. multicinctus* es lento en relación con las producidas por *R. similis*. Las lesiones en las raíces primarias son superficiales, pequeñas y numerosas líneas de color rojizo a negro. Sin embargo, en las infestaciones intensas, estas lesiones pueden coalescer, causando una necrosis extensa de la raíz en la corteza externa, las lesiones también pueden encontrarse en el cormo (Quénéhervé y Cadet, 1985) Los efectos de *H. multicinctus* tanto en el banano como en el plátano pueden conducir al retraso del crecimiento de las plantas, al alargamiento del ciclo vegetativo, la reducción del tamaño de la planta y al peso del racimo y la reducción de la vida productiva de la plantación. El volcamiento también puede ocurrir en situaciones donde hay infestaciones fuertes.

2.2.2.2. Biología y ciclo de vida

H. multicinctus a diferencia de la mayoría de las otras especies de *Helicotylenchus*, se considera una especie endoparásita que también puede completar su ciclo de vida dentro de la parte cortical de la raíz donde pueden encontrarse ambos sexos y todos los estadios juveniles, incluyendo los huevos (Zuckerman y Strich - Harari, 1963). Las relaciones hospedante-parásito de *H. multicinctus* fueron estudiadas por Blake (1966) quien observó que 4 días después de la inoculación de las raíces del banano, los nematodos

estaban totalmente incrustados dentro de la corteza, a veces hasta una profundidad de 4-6 células.

Los nematodos se alimentan en el citoplasma de las células circundantes en la corteza de la raíz. Los tejidos infectados muestran diversos tipos de daño celular como el citoplasma contraído, las paredes distorsionadas o rotas y el núcleo ampliado, pero, en contraste con los observados con *R. similis*, los cambios histológicos se limitan a las células del parénquima cerca de la epidermis. Las células dañadas a menudo se decolorean y necrosan (Orion *et al.*, 1999).

2.2.3. *Meloidogyne* spp.

Los “nematodos formadores de agallas radiculares” son de amplia distribución mundial, atacan a muchos cultivos de interés económico. En el banano, su importancia puede haber sido subestimada debido a el énfasis en los daños causados por *Pratylenchus* spp. y *Radoholus similis*. Las especies comúnmente asociadas con plátanos y bananos son *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*. Diferentes especies pueden ser observadas en la misma agalla (Pinochet, 1977).

Todos los cultivares de banana son hospederos del “nemátodo del nudo de la raíz”, *Meloidogyne* spp., estos nematodos pueden causar considerable deformación y atrofia de las raíces, sin ocasionar la caída de plantas, al parecer no se consideran como especies destructivas e importantes formadoras de lesiones. Las poblaciones de *Meloidogyne* spp. son probablemente inhibidas por altas poblaciones de *R. similis* y *H. multicinctus*, los cuales causan una severa destrucción de raíces (Gowen, 1979).

2.2.3.1. Síntomas

Los síntomas más evidentes son las agallas en las raíces primarias y secundarias, causando a veces que se bifurquen y distorsionen.

2.2.3.2. Biología y ciclo de vida

El ciclo de vida, la histopatología y la etiología de la enfermedad no difieren significativamente en los plátanos de los reportados en otros hospedantes. En las raíces

primarias y secundarias, las masas de huevo pueden no sobresalir fuera de la superficie de la raíz, y varios ciclos pueden completarse dentro de la misma raíz, dependiendo de la longevidad de la raíz y la severidad de la necrosis. En infestaciones mixtas, el área de influencia de este nematodo comenzaría entre 60 y 90 cm del rizoma debido a la competencia con *R. similis* en suprimir o reemplazar la población de *Meloidogyne* (Queneherve, 1990).

2.2.4. *Radopholus similis*

R. similis conocido como el “nematodo barrenador del banano” causa el volcamiento de plantas y afecta plantas pertenecientes al género *Musa* spp., aunque también se ha encontrado asociado con albahaca y a otros cultivos como maíz, sorgo, habichuela, caña de azúcar, arroz, *Piper nigrum*, cítricos, algunas ornamentales y varias malas hierbas (O'Bannon, 1977).

2.2.4.1. Síntomas

R. similis invade, se alimenta y reproduce en las células de la corteza de las raíces y del cormo. El "nematodo barrenador" perfora con su estilete las paredes de las células corticales y se alimenta sobre el citoplasma, formando cavidades dentro de las raíces. Cuando las células son destruidas, el nematodo migra y las cavidades se unen formando lesiones de color mamón-rojizo sobre las raíces. Las plantas afectadas por *R. similis*, presentan una reducción sustancial de su sistema radicular que impide el transporte vascular de agua y nutrimentos. En consecuencia, se observa pobre crecimiento, reducción en el tamaño y número de hojas, defoliación prematura y frutos de menor tamaño. También se puede observar el volcamiento de plantas especialmente con racimos, debido al pobre anclaje que ofrecen las raíces severamente infestadas con el nematodo (Gowen y Queneherve, 1990; Sarah *et al.*, 1996).

El volcamiento de las plantas es el factor principal de pérdida monetaria, que no solo disminuye considerablemente la producción, sino que también afecta la habilidad de la planta para producir hijuelos y ejerce un efecto directo y marcado sobre los hijuelos. Puede necrosar un 85 % del sistema radicular de hijuelos provenientes de plantas afectadas

y por consiguiente contribuye al decaimiento de la producción, aunque los rendimientos de la primera cosecha pueden ser relativamente altos (Gowen y Queneherve, 1990).

2.2.4.2. Biología y ciclo de vida

R. similis es un endoparásito migratorio que completa su ciclo de vida dentro de la raíz. Las hembras juveniles y adultas tienen formas móviles que pueden dejar la raíz cuando se encuentran ante condiciones adversas. Los estadios migratorios en el suelo pueden fácilmente invadir raíces sanas. Esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado y se consideran no parasíticos. La penetración ocurre principalmente cerca al ápice de la raíz, pero puede migrar por toda la longitud de ésta. Las hembras y todos los estados juveniles son infectivos (Gowen y Queneherve, 1990, Sarah et al, 1996). Dentro del tejido infectado, las hembras ponen cuatro a cinco huevos por día durante dos semanas. Los huevos eclosionan después de 8 a 10 días y los estados juveniles J2, J3, J4 se producen entre 10 a 13 días. El ciclo de vida total del nematodo dura 20 a 25 días a un rango de temperatura de 24 a 32 °C (Sikora y Schlossen, 1973; Gowen y Queneherve, 1990; Marín *et al.*, 1998).

2.2.5. Manejo de nematodos

El control de nematodos parásitos que afectan al plátano y banano incluyen la utilización de compuestos químicos sintéticos y de prácticas culturales y agronómicas dirigidas a reducir el volcamiento de las plantas.

2.2.5.1. Control Químico

Las prácticas utilizadas para la aplicación de nematicidas sintéticos se efectúan en tratamientos dirigidos a periodos pre-siembra y/o post siembra del cultivo. En el tratamiento pre-siembra se ha evaluado la germinación y el control de nematodos en cormos tratados con soluciones de los nematicidas carbofuran, fensulfotion, ethoprop y phenamiphos; obteniéndose una reducción de 95 % en las poblaciones iniciales de fitonematodos. Dentro de los tratamientos post-siembra, en la actualidad, los nematicidas de mayor uso son formulaciones granulares y/o concentrados emulsificables de compuestos

organofosforados y/o carbamatos y avermectinas (Gowen y Queneherve, 1990; Fogain y Gowen, 1997; Jansson y Rabatin, 1998).

2.2.5.2. Control cultural

Las prácticas culturales más comunes para el control de nematodos parásitos se encuentran la rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la aplicación de enmiendas orgánicas y otras. En los cultivos de plátano y banano se realizan otras prácticas de control cultural, dirigidas a eliminar parte de la infección provocada por nematodos en el material de siembra. Una de éstos es el pelado de cormos que consiste de la remoción de todo el tejido lesionado que presente este material. Primero se descartan las bases de las hojas y luego todo el tejido que presente lesiones color violáceas, rojizas o necróticas; hasta exponer en la base solo el tejido blanco. Esta práctica se realiza con cuchillos o machetes afilados fuera de los predios donde se obtuvo el material, para evitar la reinfección. Los cormos deben tener un tamaño aproximado de 15 cm., ya que pueden pelarse más profundo sin que se afecte su germinación. El pelado de los cormos no remueve en su totalidad la infección de nematodos en los tejidos y generalmente se complementa con tratamientos a base de nematicidas (Gowen y Queneherve, 1990).

Otro método de control de nematodos dirigido al material de siembra, es el tratamiento con agua caliente. Esto se realiza sumergiendo los cormos en tanques con agua a una temperatura de 55 °C, por periodos que varían entre 15 y 25 minutos. Aunque esta técnica resulta más efectiva que los tratamientos químicos, el manejo en la práctica resulta complicado, debido al balance crítico que necesita mantenerse entre la temperatura letal a nematodos y una temperatura que no provoque daños al material de siembra. Cuando la germinación de los cormos se ve afectada, el manejo de la temperatura no fue el adecuado (Gowen y Queneherve, 1990).

2.2.5.3. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado para el control de nematodos parásitos en muchos cultivos (Duncan, 1891; Rodriguez-Kabana *et al.* 1992). Este método consiste de la siembra de plantas que no sean hospederas

de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado. Román *et al.* (1974) demostraron la eficacia de la rotación de gramínea *Digitaria decumbens* con plátano, reduciéndose las poblaciones de *R. similis*, *M. incognita* y *Rotylenchulus reniformis*, no así de *P. coffeae*.

2.2.5.4. Uso de plantas antagonistas

Existen plantas en la naturaleza que pueden combatir los nematodos parásitos, no solo porque son pobres hospederas de ciertas especies, sino que además producen exudados radicales que son tóxicos a estos organismos. A este tipo de plantas se les conoce como plantas antagonistas. Una planta caracterizada con estas propiedades es el "haba de terciopelo", *Mucuna deeringiana* (Bort) Merr. (Vicente y Acosta, 1987). Se ha demostrado reducciones en la densidad poblacional de nematodos asociados al plátano mediante el uso de la *Mucuna* intercalada con plátano (Saavedra y Vargas-Ayala, 1999; Rubiano-Rodriguez y Vargas-Ayala, 1999). Sin embargo, no se encuentra documentado de forma clara en la literatura su uso como cultivo de rotación con el plátano.

2.2.5.5. Enmiendas orgánicas

Una enmienda o es cualquier material de origen orgánico que se añade al suelo. Entre estos materiales se pueden incluir los compost, los residuos de cosechas anteriores, estiércol animal, desperdicios agroindustriales y municipales, entre otros. La aplicación de material orgánico como enmienda, afecta directa o indirectamente las poblaciones y la diversidad de nematodos en el suelo. De forma directa, este material, libera compuestos nematicidas en su descomposición o que son sintetizados por microorganismos envueltos en su descomposición, y proveen un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos antagónicos o parasíticos a los nematodos. De manera indirecta, pueden incrementar el desarrollo y rendimiento de una planta infestada con nematodos, mejora la estructura del suelo, que a su vez aumenta su potencial de retención de agua y suple nutrientes en los suelos deficientes (Chavarría-Carvajal y Rodríguez-Kábana, 1998, Widmer *et al*, 2002).

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Período de ejecución y ubicación geográfica de los campos de producción

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de junio y diciembre de 2017. Para la prospección nematológica se seleccionó campos de producción de banano ubicados en los principales sectores de producción del distrito de La Matanza, perteneciente a la provincia de Morropón ubicada en el valle del Alto Piura. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 05° 12' 57" y 04° 56' 55" de latitud Sur y los meridianos 80° 02' 45" y 79° 48' 55" de longitud Oeste.

3.2. Tipo de estudio

Es un tipo de estudio descriptivo mediante técnicas de muestreo que detectó y cuantificó la presencia de nematodos parásitos asociados al sistema radicular del cultivo de banano. Se identificó los principales géneros de nematodos y se describió la sintomatología causada en la planta a nivel radicular.

3.3. Descripción de síntomas

Se realizó una descripción sintomatológica en raíces de los probables daños directos ocasionados por los nematodos asociados al cultivo de banano.

3.4. Muestreo, detección y niveles poblacionales de nematodos parásitos

3.4.1. Zonas de muestreo

Se realizaron muestreos aleatorios de poblaciones de nematodos en los principales sectores productores de banano durante 5 meses consecutivos. Se registró el nombre del sector, nombre del productor, el área total de cada campo, edad de la plantación, tipos de riego, variedad.

3.4.2. Toma de muestras suelo y raíces

Las poblaciones del nematodo se cuantificaron sobre muestras de suelo y raíces. Los muestreos se realizaron a 25 cm de distancia del pseudotallo y en la parte frontal del hijuelo seleccionado. Las muestras de suelo y raíces se tomaron después del riego, excavándose con una palana en la base de la planta un hoyo de 20 cm de ancho x 20 cm de largo y 30 cm de profundidad. El suelo y las raíces de cada hoyo se colectó y se colocaron en una bolsa plástica debidamente identificadas para ser llevadas al laboratorio para su posterior análisis (Fig. 1).



Figura 1. Toma de muestras para análisis de nematodos asociados al cultivo de banano en diferentes sectores del distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

3.4.3. Procesamiento de muestras

Las muestras de suelo y raíces se conservaron en una refrigeradora entre 6 – 8°C para su posterior procesamiento. Las raíces se lavaron y secaron durante dos horas.

3.4.4. Extracción y cuantificación de nematodos de raíces

Los nematodos se extrajeron de una muestra de 1 g pesadas en una balanza analítica, y seccionadas transversalmente en trozos de 1 cm, para su homogenización antes de licuarlos se llevaron a un vaso con 100 ml de lejía al 0.1 % y luego licuadas por tres veces a la revolución más baja durante 10 s, con intervalos iguales de 10 s. La mezcla resultante se pasó en secuencia a través de una columna de tamices con mallas 120 y 500 Mesh. En cada tamiz la muestra resultante se lavó con agua a presión para facilitar el desprendimiento de los nematodos, lo retenido sobre el tamiz de 500 Mesh se llevó a un vaso con capacidad de 100 ml, colectándose aproximadamente 40 ml. A los 40 ml se agregó una cuchara de caolín, se homogenizó y se agregó en tubos de centrifugación con capacidad para 50 ml. Posteriormente, se centrifugaron a 1800 rpm durante 4 min. Como resultado de la centrifugación se produjo una sedimentación de partículas pesadas en el fondo del tubo y un sobrenadante en la parte superior, que se eliminó. Luego, los tubos se llenaron con una solución de sacarosa al 50 % (500 g de azúcar disuelta en 1 l de agua) y nuevamente centrifugados a 1800 rpm durante 2 min para favorecer la flotación de los nematodos en la solución de sacarosa y separarlos de las partículas más densas. El sobrenadante se colocó en el tamiz de 500 mesh y lavado con agua corriente a baja presión para eliminar la sacarosa y evitar el deterioro físico de los nematodos. Finalmente se recogieron 15 ml de agua con nematodos y se colocaron en una placa Petri para la cuantificación y selección de especímenes para la identificación en un microscopio. (Coolen, 1979)

3.4.5. Extracción y cuantificación de nematodos de suelo

La extracción y cuantificación de nematodos del suelo (Fig. 2), se realizó de una muestra de 100 cm³, se vertió en un balde vacío, cubriendo con agua, aproximadamente 1 litro, en donde se mezcló bien el suelo con el agua con la finalidad de desagregar los terrones para la liberación de los nematodos en la suspensión. Posteriormente, se aplicó el protocolo descrito para raíces, con omisión del procedimiento del licuado (Jenkins, 1964).



Figura 2. Procedimiento para la extracción de nematodos del suelo, método de la flotación-centrifugación (Jenkins, 1964).

3.4.6. Identificación de nematodos

Basados en la morfología del estoma y esófago (Fig. 3), los nematodos se clasificaron de acuerdo a su hábito alimentario en cinco grupos tróficos (fitonematodos, bacteriófagos, micófagos, predadores, y omnívoros) (Yeates *et al.*, 1993).

Los fitonematodos se identificaron hasta nivel de género de acuerdo con las claves de Luc *et al.* (1990) y Mai *et al.* (1996). Para la identificación de los nematodos se prepararon montajes temporales en fresco con agua sobre láminas portaobjetos de vidrio, la cuantificación e identificación se realizó bajo un microscopio de luz. Diez individuos (juveniles y adultos) de diferentes géneros de nematodos fueron analizados, realizando la identificación a través de sus características morfológicas y morfométricas: forma del cuerpo de los individuos, forma de la cabeza, presencia o ausencia de anillos en la cutícula, tipo de estilete, forma de la terminación de la cola (Hunt y Handoo, 2009); también se realizó las mediciones de longitudes del cuerpo y estilete en individuos de diferentes géneros.

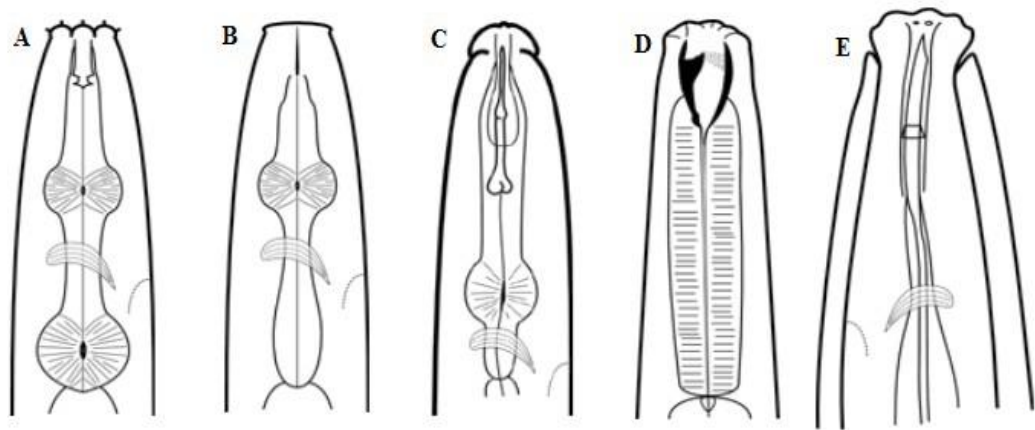


Figura 3. Clasificación de los nematodos según su morfología de estoma y esófago: (A) Bacterívoros, (B) Fungívoros, (C) Fitófagos (D) Predadores y (E) Omnívoros (Tomado de Sasser, 1989).

3.5. Análisis de datos

La identificación de géneros de nematodos y sintomatología se realizó de forma descriptiva. Se cuantificarán los niveles promedios poblacionales de los nematodos.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación de los sectores bananeros y algunas características agronómicas

Se muestrearon 12 sectores productores de banano pertenecientes al distrito de la Matanza, la ubicación geográfica de cada sector se observa en el Cuadro 1, Figura 4. Las variedades Cavendish y William son las predominantes, el riego es por gravedad, las unidades de producción presentan áreas que varían entre las 0.75 y 5 ha y con una edad de plantaciones entre 2 a 10 años.

Cuadro 1. Características agronómicas de los sectores productores de banano georreferenciados y muestreados ubicados en el distrito de la Matanza, valle del Alto Piura.

Sector	N° de muestras	Latitud	Longitud	Variedad	Riego	Área (ha)	Edad (años)
Invernas	2	5.182061	80.066747	Cavendish	Gravedad	2-5	3-5
Santa Marcela	5	5.188572	80.054753	Cavendish/ William	Gravedad	1-5	4-6
Repartidor	4	5.211206	80.044669	Cavendish/ William	Gravedad	0.75 - 4	3-5
Pabur Viejo	2	5.174826	80.089016	William	Gravedad	0.75-1	3
Pampas 1	2	5.207569	80.054432	William	Gravedad	1-2	2-7
Pampas 4	2	5.216012	80.064764	William	Gravedad	1-3	3-6
Los Rosos	2	5.217115	80.040510	William	Gravedad	1-2	7
Carrasco	1	5.198752	80.047038	Cavendish	Gravedad	1	5
Práxedes	1	5.184709	80.058549	Cavendish	Gravedad	1	3
Huerta Pabur	1	5.212496	80.053164	Cavendish	Gravedad	1	4
Mango Bajo	1	5.213391	80.053411	William	Gravedad	2	10
Mango	1	5.21252	80.044845	Cavendish	Gravedad	1	5

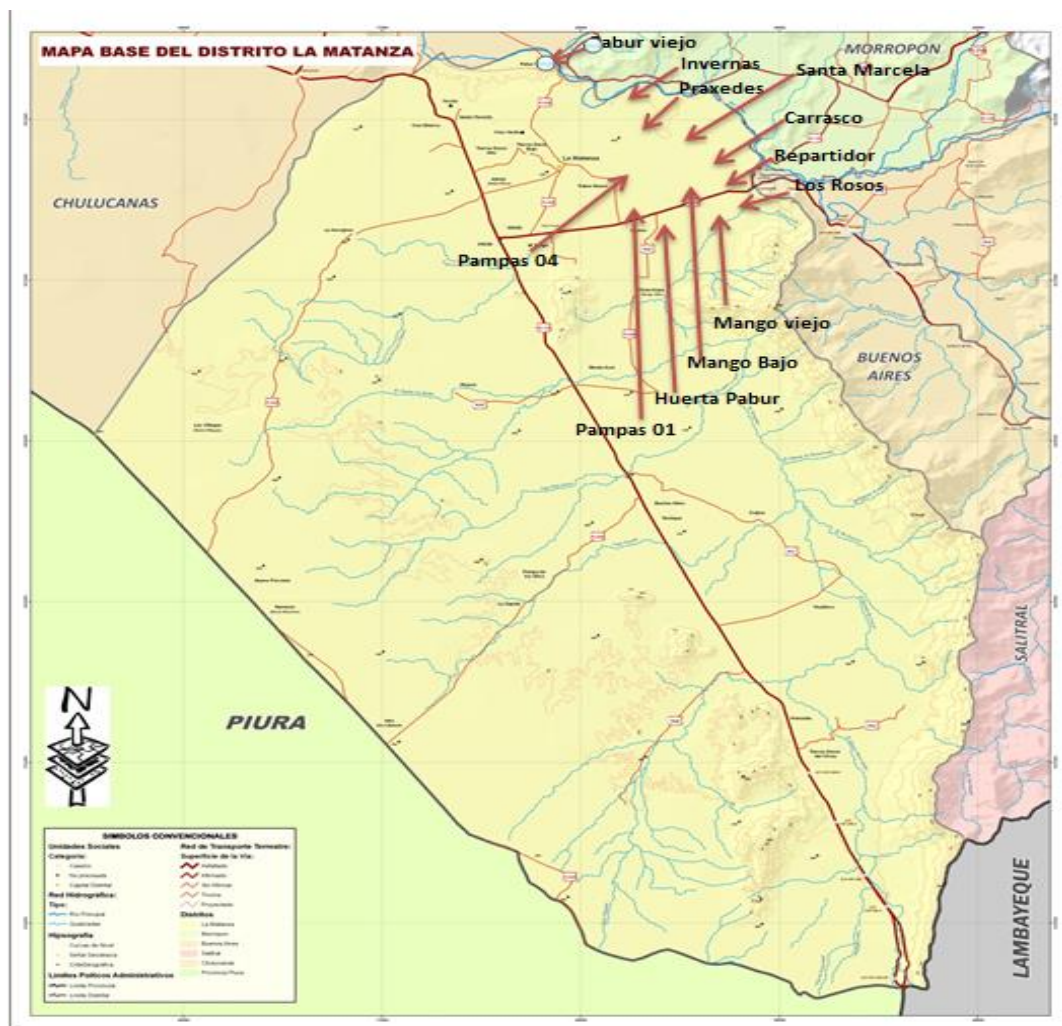


Figura 4. Ubicación geográfica de los 12 sectores muestreados en el distrito de La Matanza, provincia de Morropón.

4.2. Identificación de la nematofauna asociada al banano

4.2.1. Grupos tróficos y géneros

Se identificaron cinco grupos tróficos (Cuadro 2) que incluye a los gremios: bacterívoros, micófagos, fitófagos, predadores y omnívoros (Fig. 5). En el Cuadro 2, se observa que el número total de individuos (3293) de los otros grupos tróficos superan a los fitoparásitos, siendo los más abundantes. La cuantificación de nematodos no parásitos de plantas en un suelo es de mucha importancia debido a la contribución e influencia de éstos en distintos procesos del ecosistema (roles como en el reciclado de nutrientes y el control

biológico) (Yates *et al.*, 1993). Asimismo, los análisis nematológicos de laboratorio pueden proveer información de los niveles poblacionales de otros grupos tróficos que ayudan a inferir las condiciones ecológicas de un patosistema, debido a que la variación en los tipos de alimentos la nematofauna del suelo interactúa con otros organismos del suelo. De esta manera ocupan diversas posiciones en cadenas tróficas e intervienen en la estructura y organización funcional edáfica. Además, los nematodos ocupan posiciones en la red trófica del suelo como consumidores primarios, secundarios y terciarios (Neher, 2001).



Figura 5. Morfología del estoma y esófago de nematodos no parásitos de plantas. (A) Bacterívoro, (B) Fungívoro y (C) Predador.

En el Cuadro 2 se observa que el grupo de los fitófagos, comparados con los otros gremios tróficos detectados, presentaron la mayor población con un 66 % que correspondieron a 4624 individuos. Se identificaron asociados a las raíces de las variedades de banano William y Cavendish cinco géneros de fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp.. El parasitismo potencial de estos nematodos en el cultivo de banano dependerá de la densidad poblacional y de otros factores bióticos y abióticos. En Musáceas, se reportan 146 especies de nematodos parásitos o asociados a estos cultivos, ubicadas en 43 géneros. Los más

distribuidos e importantes son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y algunas especies de *Pratylenchus* y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus*. También es muy común encontrar los parásitos sedentarios *Meloidogyne* spp y *Rotylenchulus reniformis*. Además, de estos cinco nematodos parásitos de raíces de banana existen muchas otras especies que pueden estar asociadas a *Musa* spp. en el mundo, pero que hasta ahora ninguna es considerada como un patógeno dañino, aunque en algunas zonas o regiones productoras de banano podrían ser importantes cuando sus densidades son altas. El parasitismo de nematodos sobre raíces de banana, así como en muchos cultivos tropicales, se caracteriza por infestaciones simultaneas de varias especies (Gowen *et al.*, 2005).

No hay información sobre la historia y ciclo de vida de las pocas especies que presenta el género *Tylenchus* (Andrássy1972), *Tylenchus* Bastian 1865, pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Tylenchidae y subfamilia Tylenchinae (Maggenti, 1988). El cuerpo de estos nematodos es curvado ventralmente, con una longitud que varía entre 0.78 y 0.92 mm tanto en hembras como en machos, sin superposición del esófago e intestino. La cola se adelgaza gradualmente, puntiaguda, curvada ventralmente y termina en un gancho (Fig. 6). Estas características coinciden con las descritas por Andrásy (1972).

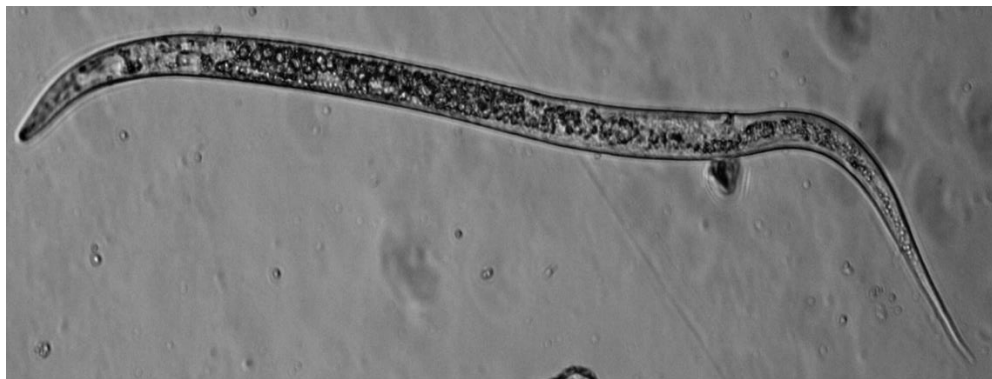


Figura 6. Morfología del cuerpo completo de *Tylenchus* spp., nematodo asociado al cultivo de banano en el distrito de la Matanza, provincia de Morropón.

Las especies de *Paratylenchus* se conocen como los “nematodos alfiler”, son de tamaño muy pequeño, aunque pueden presentarse en grandes cantidades en un suelo, suelen pasar desapercibidos muchas veces. El género *Paratylenchus* Micoletzky, 1922 pertenece a la superfamilia Criconematoidea, familia Tylenchulidae y subfamilia Paratylenchinae (Maggenti, 1988). La caracterización morfológica de los especímenes

aislados del suelo son vermiformes más o menos curvados ventralmente, presentan una longitud del cuerpo entre 0.34 y 0.47 mm. Hembras con un fino y largo estilete con bulbos redondos que varió entre 20 a 50 μm , la vulva se ubica en la parte posterior del cuerpo. El esófago no se superpone al intestino (Fig. 7). No se observaron machos. Estas características coinciden con Andrásy (1972).

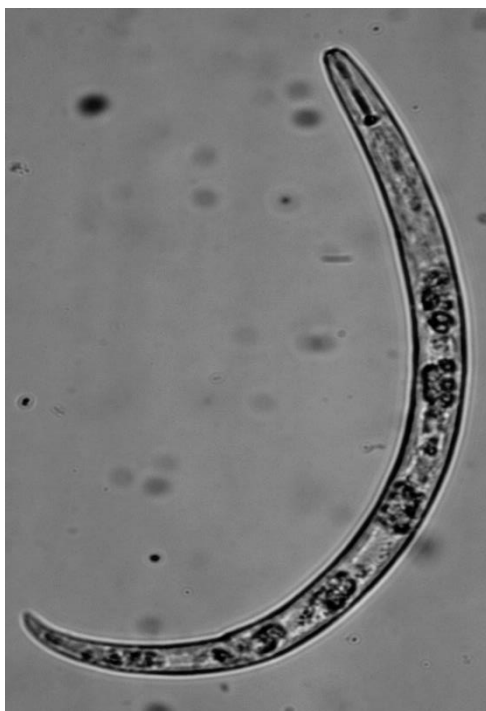


Figura 7. Morfología del cuerpo completo de la hembra de *Paratylenchus* spp.

El género *Meloidogyne* Goeldi 1892, pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Heteroderidae y subfamilia Meloidogyninae (Maggenti, 1988) . Las especies de *Meloidogyne* son endoparásitos sedentarios, presentan dimorfismo sexual, las hembras se encuentran incrustadas en el tejido de la raíz, adquieren forma globosa o de pera, de color blanca lechosa, cuello largo y esbelto y estilete corto; su largo varió entre 0.5 y 2.38 mm. Los machos son vermiformes y viven en estado libre en el suelo, su largo varió entre 1.0 y 1.6 mm, con estilete y bulbos basales bien desarrollados, el esófago se superpone al intestino por el lado ventral. La cola es redonda, con dos espículas robustas (Fig. 8). Los juveniles en segundo estado son vermiformes, presentar un largo que varía entre 260 a 520 μm , estilete robusto, las glándulas del esófago se superponen al intestino ventralmente. Cola adelgazándose gradualmente, con una porción terminal hialina cerca a la punta de la cola (Fig. 9); todas estas características coinciden con las descritas por Sasser y Carter (1985).



Figura 8. Morfología de hembras y machos de *Meloidogyne* spp. (A) Hembra completa, (B) Región de la cabeza del macho y (C) Región de la cola del macho.



Figura 9. Morfología del segundo estado juvenil (J2) de *Meloidogyne* spp. (A) J2 completo, (B) Región anterior y (C) Región posterior.

Las especies de *Helicotylenchus* pueden ser nematodos ectoparásitos migratorios, semiendoparásitos y endoparásitos de raíces. Todos los estados pueden encontrarse en las capas exteriores de la corteza de la raíz, pero no hay evidencias que estos nematodos migren dentro del tejido. El género *Helicotylenchus* Steiner, 1945 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Hoplolaimidae y subfamilia Hoplolaiminae (Maggenti, 1988). El cuerpo adquiere forma de espiral o C cuando son relajados al calor (Fig. 10). Su largo varió entre 0.5 a 1.0 mm. Su estilete bien desarrollado, con un largo de tres a cuatro veces del diámetro de la región labial. El esófago se superpone al intestino por el lado ventral. En la hembra la vulva se ubica entre el 60 y 70 % del largo total del cuerpo. Cola corta y con un mucron en la punta. Los machos presentan cola corta, espículas bien desarrolladas y arqueadas. Todas estas características coinciden con Siddiqui (1972).

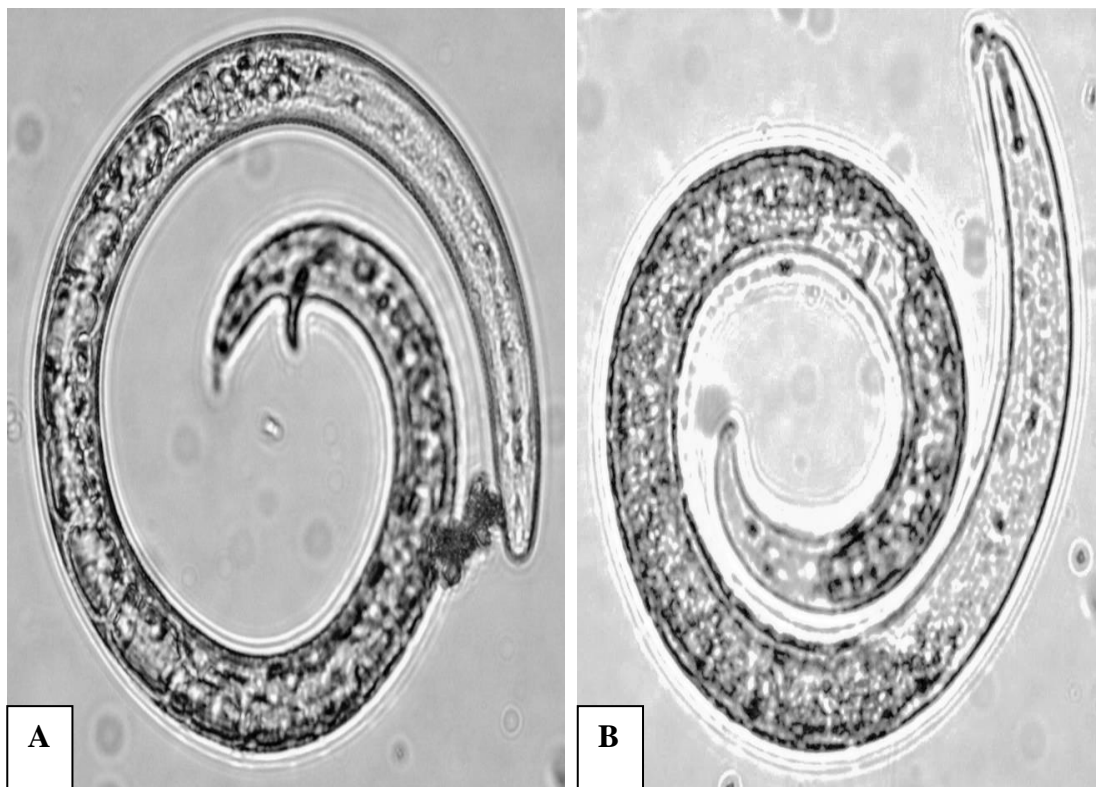


Figura 10. Morfología del macho (A) y de la hembra (B) de *Helicotylenchus* spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.

Las especies de *Pratylenchus* conocidos como los “nematodos lesionadores”, son endoparásitos migratorios de la corteza de la raíz y del cormo, los nematodos de ambos sexos y todos los estados juveniles son infectivos. Completan su ciclo de vida dentro de las

raíces, se alimenta de las células vecinas del parénquima formando cavidades que coalescen (Gowen *et al.*, 2005). Según, Maggenti (1988) el género *Pratylenchus* Filip`ev, 1936 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Pratylenchidae y subfamilia Pratylenchinae. El cuerpo adquiere forma curvada ventralmente cuando son relajados al calor (Fig. 11 A y 11 B). No presentan un marcado dimorfismo sexual en la forma de la parte anterior del cuerpo. Las hembras presentan un largo que varió entre 0.40 a 0.73 mm. Su estilete bien desarrollado, con un largo de menos de tres veces del diámetro de la región labial. Los machos presentan un largo que varió entre 0.49 a 0.65 mm. El esófago es igual de desarrollado en ambos sexos que se superpone al intestino por el lado ventral. En la hembra la vulva se ubica entre el 70 y 80 % de la longitud total del cuerpo. La cola de la hembra es subcilíndrica o mas o menos conoide truncada en la punta. Los machos presentan cola corta, espículas esbeltas y arqueadas. Todas estas características coinciden con Machon (1972) y Handoo, y Golden (1989).

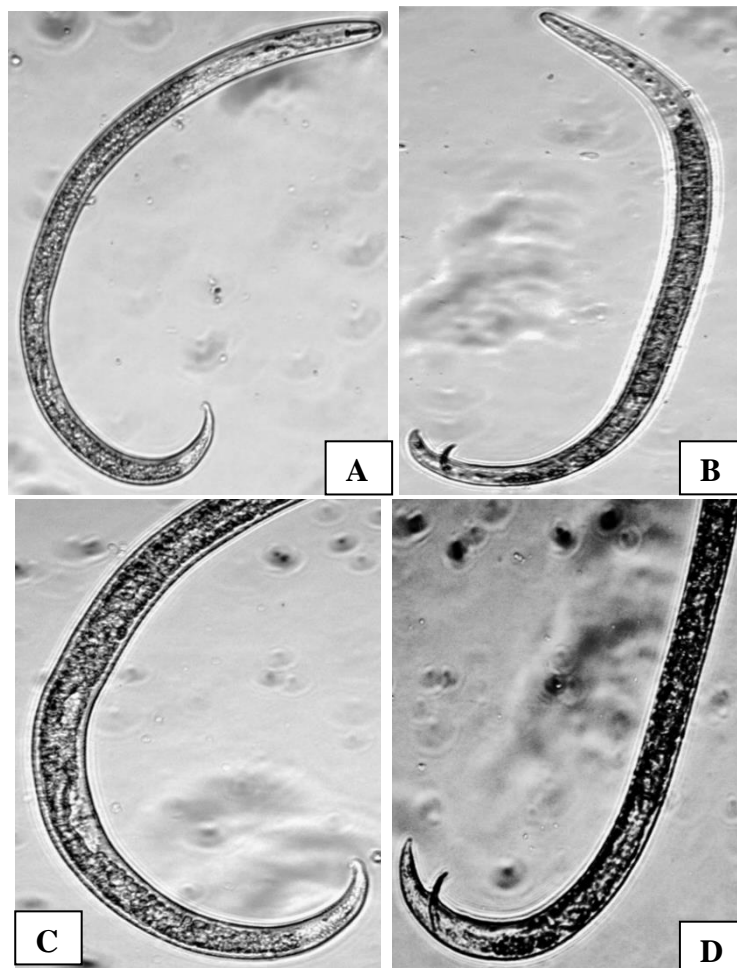


Figura 11. Morfología de la hembra (A), macho (B), región anterior (vulva y cola) de la hembra (C) y región posterior (cola) del macho (D) de *Pratylenchus* spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.

Cuadro 2: Nematofauna asociada al cultivo de banano en 12 sectores de producción ubicados en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

Sector	Muestra	Género de fitófagos(100cm3_suelo)					Otros grupos tróficos	Total
		<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>		
Invernas	M1	0	0	0	10	0	7	17
	M2	0	0	0	3	6	100	109
Santa Marcela	M3	6	0	0	51	8	13	78
	M4	17	1	0	14	2	26	60
	M5	38	0	0	4	3	12	57
	M6	0	1	0	3	12	100	116
	M7	0	0	0	83	12	50	145
Repartidor	M8	56	0	0	56	0	56	168
	M9	30	0	130	130	0	334	624
	M10	4	40	40	2	3	100	189
	M11	5	10	5	10	60	200	290
Pabur Viejo	M12	20	10	5	10	25	100	170
	M13	220	80	80	200	80	400	1060
Pampas 01	M14	1	100	1	2	12	100	216
	M15	5	150	10	30	40	200	435
Pampas 04	M16	1	50	20	30	90	150	341
	M17	1	20	50	30	40	130	271
Los Rosos	M18	130	0	6	62	9	120	327
	M19	100	0	10	0	4	80	194
Carrasco	M20	3	100	50	40	20	200	413
Práxedes	M21	0	22	0	10	3	15	50
Huerta Pabur	M22	34	0	240	80	240	334	928
Mango Viejo	M23	66	0	66	200	133	400	865
El Mango	M24	30	0	0	30	30	66	156
Total		767	584	713	2120	832	3293	7279

4.2.2. Niveles de infestación

El mayor número de individuos (2120) se presentaron en el género *Tylenchus*, siendo los más diseminados en las zonas productoras con una Fr del 95.8 %. En *Paratylenchus* se cuantificaron 832 individuos con una Fr. de 87.5 %. *Meloidogyne* spp. se observó muy diseminado en 10 de los 12 sectores evaluados, con una Fr del 79.2 %, se cuantificaron poblaciones que variaron entre 1 y 220 nematodos/100 cm³ de suelo (Cuadro 2). *Helicotylenchus* spp. conocidos como los “nematodos espiral” se observaron en 8 sectores de producción, siendo el cuarto género de nematodos fitoparásitos más abundantes asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza. Se estimó una Fr del 58.3 %, Las poblaciones cuantificadas variaron entre 1 y 240 nematodos/100 cm³ de suelo (Cuadro 2), los niveles poblacionales más altos se estimaron en los sectores Huerta Pabur y Repartidor (Cuadro 3). *Pratylenchus* spp. se observó en 7 de los 12 sectores evaluados, con una Fr del 50.0 %, estimándose poblaciones que variaron entre 1 y 150 nematodos/100 cm³ de suelo (Cuadro 2),

Cuadro 3. Parámetros ecológicos de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, Valle del Alto Piura.

Parametros	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>
F. ab.	19	12	14	23	21
F. r.	79.2	50.0	58.3	95.8	87.5
F. ab.= Frecuencia absoluta		F. r.= Frecuencia relativa			

4.2.3. Sintomatología

En el género *Tylenchus* no hay registros del parasitismo en plantas hospederas. Se conoce que son nematodos cosmopolitas presentes en todos los continentes excepto en la Antártida. Su hábitat en el suelo es alrededor de las raíces de las plantas o en las dunas de arena (Andrássy, 1972).

Las especies de *Paratylenchus* son ectoparásitos migratorios obligados de una gran variedad de plantas hortícolas, arbustos y árboles frutales; no se reportan especies de *Paratylenchus* parásitas de banano y plátano en el mundo. Se alimentan de las células epidérmicas de las raíces finas. Causan daños mínimos en los cultivos hospedantes,

excepto cuando las poblaciones son muy altas y en condiciones favorables, especialmente en invernadero (Siddiqi, 2000). Poblaciones bajas (650 nematodos/100 cm³ de suelo) de *P. hamatus* en rosa mejoraron la producción y calidad de las flores pero, poblaciones altas (2000 nematodos/100 cm³ de suelo) disminuyeron la producción así como la calidad (MacDonald, 1976).

Meloidogyne spp. conocidos como los “nematodos de las agallas radicales” se encuentran en las raíces de banano y plátano en todos los lugares donde crecen, es uno de los endoparásitos más comunes en estos cultivos. Su importancia en banana se ha subestimado debido al énfasis en los daños causados por los “nematodos lesionadores”. En Sud África se ha demostrado que *Meloidogyne* es el segundo género más abundante encontrado en raíces de banana (De Waele y Davide, 1998; Gowen *et al.*, 2005). Las poblaciones más altas se estimaron en los sectores Pabur Viejo y Los Rosos, sólo en estos sectores se estimaron infestaciones sobre raíces (Cuadro 4) y síntomas visibles de agallamientos en raíces finas, las cuales se atrofian y detienen su crecimiento (Fig. 12). En banano los síntomas más obvios son las agallas sobre raíces primarias y secundarias, a veces éstas se bifurcan y distorsionan (Gowen *et al.*, 2005). Sikora (1979) observó niveles altos de pudrición de raíces en plantaciones con infecciones concomitantes de *M. incognita*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia* sp. A nivel foliar no se observaron síntomas asociados a estos nematodos, probablemente debido a que los umbrales de poblaciones no perjudican el normal desarrollo del cultivo.

Se conoce que las especies más comunes asociadas a plátano y banano son *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. arenaria*. Diferentes especies pueden encontrarse en una misma agalla (Pinochet, 1977), infestaciones de estos nematodos en África Occidental (Fargette, 1987), Martinica (Quénéhervé *et al.*, 2000) y Brasil (Cofcewicz *et al.*, 2001) varios países se han encontrado ser de especies mixtas. En la región Piura, Lopez (2017) identificó a *M. incognita* y *M. javanica* asociadas al cultivo de banano tanto en el Valle de Cieneguillo y el Valle del Chira, respectivamente. En ambos valles observó altos niveles de infestaciones, favorecidos por los suelos de textura arenosa y con un sistema de riego permanente, características subóptimas para el cultivo de banano, pero, favorables a estos parásitos según Vovlas *et al.* (1993).



Figura 12. Síntomas de agallamientos causados por *Meloidogyne* spp. sobre raíces secundarias y terciarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.

Cuadro 4. Poblaciones en raíces de diferentes estados de los nematodos endoparásitos *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en dos sectores de producción de banano en el distrito de La Matanza, Valle Del Alto Piura

Sector	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Pratylenchus</i> spp.
	N° de huevos + J2/g de raíz	N° de individuos/g de raíz
Los Rosos	1890	0
Pabur Viejo	1155	30

Helicotylenchus spp. causa son lesiones superficiales rojas en la epidermis y en la corteza de las raíces (Fig.13) , estos síntomas coinciden con los descrito por Gowen *et al.* (2005). En banano y plátano, después de *Radopholus similis*, *H. multicinctus* es probablemente el más dispersado y abundante en estos cultivos. *H. multicinctus* bajo condiciones ambientales subóptimas (latitud, precipitación y temperatura) para uel cultivo

de banano (también para *R. similis*) es considerado el más importante nematodo parásito (McSorley y Parrado, 1986).



Figura 13. Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en la epidermis causada por *Helicotylenchus* spp. en raíces primarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.

Las poblaciones más altas *Pratylenchus* spp. se determinaron en los sectores Pampas 1, Pabur Viejo y Carrasco. Infestaciones sobre raíces sólo se cuantificaron en el sector Pabur Viejo (Cuadro 4). Los síntomas sobre raíces se caracterizaron por la presencia de lesiones necróticas alargadas de color marrón-rojizo en el tejido del parénquima cortical (Fig. 14), lo que demuestra que *Pratylenchus* spp. penetra y migra dentro de las raíces, estos síntomas coinciden con los descritos por Gowen *et al.* (2005).



Figura 14. Lesiones necróticas internas alargadas de color marrón-rojizo en el tejido del parénquima cortical causadas por *Pratylenchus* spp. en raíces primarias de banano colectadas en el sector Pabur Viejo ubicado en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.

Varias especies de *Pratylenchus* han sido reportadas atacando *Musa* spp. en el mundo. Entre éstas, sólo dos, *P. coffeae* y *P. goodeyi*, son reconocidas como patógenos dañinos. *P. coffeae* es una especie tropical. *P. goodeyi* se ha observado en regiones productoras de banana del África del Este y específicamente en zonas de altura (Gowen, *et al.*, 2005).

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

1. Se identificaron asociados a las raíces de las variedades de banano William y Cavendish cinco géneros de fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp.
2. *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp. presentan especies parásitas no importantes en los cultivos de banano y plátano, aunque la abundancia de éstos superaron a los otros géneros.
3. *Meloidogyne* spp. se observó muy diseminado en 10 de los 12 sectores evaluados, con una Fr del 79.2 %, se cuantificaron poblaciones que variaron entre 1 y 220 nematodos/100 cm³ de suelo. Sólo en los sectores Los Rosos y Pabur Viejo se observaron síntomas visibles (agallamientos) sobre raíces.
4. *Helicotylenchus* spp. y *Pratylenchus* spp. presentaron una Fr del 58.3 % y 50.0 %, respectivamente, ambos ocasionas daños o síntomas visibles sobre las raíces.
5. Ningún género de nematodo parásitos asociados al cultivo de banano produjeron síntomas foliares relacionados directamente a las infestaciones.
6. Se identificaron cinco grupos tróficos que incluye a los gremios: bacterívoros, micófagos, fitófagos, predadores y omnívoros.

CAPÍTULO 6

6.1. RECOMENDACIONES

- 1.** Continuar con las prospecciones nematológicas en otros sectores de producción y otras estaciones del año con la finalidad de conocer la dinámica poblacional de los nematodos parásitos más importantes que afectan a estos cultivos en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.
- 2.** Identificar las especies de los principales géneros de nematodos asociados al cultivo de banano en el distrito de La Matanza, valle del Alto Piura.
- 3.** Iniciar investigaciones referidas a la biología, umbrales de poblaciones y métodos de control tomando como base el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 7

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrássy, I. 1972.** *Tylenchus davarnei*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 7, N° 97.
- Blake, C.D. 1961** Root rot of bananas caused by *Radopholus similis* (Cobb) and its control in New South Wales. *Nematologica* 6, 295–310.
- Blake, C.D. (1966)** The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12, 129–137.
- Bridge, J., and Page, S.L.J. 1984.** Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1: 99–109.
- Champion, J. 1968.** El plátano. Editorial Blume. Barcelona, España. 247 pp.
- Chau-Coloma, M.D. 2008.** Frecuencia y densidad de poblaciones de nematodos parásitos de raíces del banano en tres zonas productoras del valle del Chira, Piura. “Tesis de Ingeniero Agrónomo”. Piura, Perú: Universidad Nacional de Tumbes. 44 pp.
- Chavarría-Carvajal, J.A., and Rodríguez-Kábana, R. 1998.** Alginate films for assessment of parasitism of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. *Nematropica*. 28(1): 41- 48.
- Cofcewicz, E.T., Carneiro, R.M.G., Quénéhervé, P., Augustin, E. and Faria, J.L.C. (2001)** Occurrence of *Meloidogyne* spp. in banana producing area in Brazil (abstract). *Nematologia Brasileira* 25, 126.
- Coolen, W.A. 1979.** Methods for the extraction of *Meloidogyne* spp. and other nematodes from roots and soil. In: Lamberti, F. and Taylor, C.E. (eds) Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* Species) Systematics, Biology and Control. Academic Press, London, pp. 317–329.
- De Guiran, G., & Vilardebo, A. (1962).** Le bananier aux Iles Canaries. IV. Les nématodes parasites. *Fruits*, 17, 263-277.
- De Waele, D., and Davide, R.G. 1998.** The root-knot nematodes of banana *Meloidogyne incognita* (Kofoed and White, 1919) Chitwood, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Musa* Pest Factsheet No. 2. INIBAP, France.
- Fao. 2004.** Economía mundial del banano 1985-2002. Roma. 104 pp.

- Fargette, M. (1987)** Use of the esterase phenotype in the taxonomy of the genus *Meloidogyne*. Esterase phenotypes observed in West Africa populations and their characterization. *Revue de Nematologie* 10, 45–56.
- Fogain, R., and Gowen, S.R. 1997.** Damage to roots of *Musa* cultivars by *Radopholus similis* with and without protection of nematicides. *Nematropica* 27: 27–32.
- Frison, E.A, Escalant, J.V., and Sharrock, S. 2004.** The global *Musa* genomic consortium: A boost of banana improvement. In: Jain MS and Swennen R, (Eds). *Banana improvement cellular, molecular biology and induced mutations. Proceedings from a meeting held in Leuven, Belgium, September 24-28, 2001.* Science Publishers, Inc., NH, USA, 186-189.
- Gotoh, A. (1964)** The embryonic and larval development of *Pratylenchus coffeae* (Zimmerman) (Nematoda, Tylenchida). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 8: 26–33.
- Gowen, R.R., and Quénéhervé, P. 1990.** Nematode Parasites of Bananas, Plantains and Abaca. Pages 431-460 in: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.* M. Luc, R.A. Sikora, and J. Bridge, eds. CAB International, Wallingford, Eng.
- Gowen, S., Quénéhervé, P., and Fogain, R. 2005.** Nematode parasites of bananas, and plantains. Pp. 611-643. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture, 2nd Edition* (Luc M., Sikora R.A. and Bridge J., eds). CAB International, Wallingford, UK.
- Gowen, S.R. 1979.** Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas. *Nematropica* 9(1): 79-91.
- Gowen, S.R. 1993.** Possible approaches for developing nematode resistance in bananas and plantains. In: Ganry, J. (ed.) *Breeding Banana and Plantain for Resistance to Diseases and Pests.* CIRAD Montpellier, France, pp. 123–128.
- Gowen, S.R. 1994.** Burrowing nematode root rot (blackhead toppling disease). Page 21 in: *Compendium of Tropical Fruit Diseases.* R.C. Plates, G. A Zimmer, W. T. Nishijima, K. G.Rohrbach, and H. D. Ohr, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Gowen. S.R., Quénéhervé, P., and Fogain, R. 2005.** Nematode parasites of bananas and plantains. In: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture 2nd edition.* Luc M, Sikora RA and Bridge J (eds). CABI publishing, Oxfordshire, UK, 611-643.
- Handoo, Z.A. and Golden, A.M. (1989).** A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion nematodes). *Journal of Nematology* 21, 202–218..

- Hunt, D.J., and Handoo, Z.A. 2009.** Taxonomy, identification and principal species. Pp. 55–88 in R. N. Perry, M. Moens and J. L. Starr, eds. Root- knot nematodes, 1. London: CABI.
- Jansson, R.K., and Rabatin, S. 1998.** Potential of foliar, dip, and injection applications of avermectins for control of plant-parasitic nematodes *Journal of Nematology* 30: 65-75.
- Jenkins, W. 1964.** A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. . *Plant disease reporter*, v. 48. 692 p.
- Koenning, S.R., Overstreet, C., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., and Fortnum, B.A. 1999.** Survey of crop losses in respons to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. *Journal of Nematology* 31: 587-618.
- Lavigne, C. 1987.** Contribution a l’etude du systeme racinaire du bananier. Mise au point de rhizotrons et premiers resultats. *Fruits* 42: 265–271.
- León , J.** Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José, Costa Rica, Editorial Agroamérica. 1987. 522 pp.
- López, M.2018.** Caracterización de poblaciones de nematodos del genero *Meloidogyne* asociados al cultivo de banano, caña de azúcar y arroz en las principales zonas productoras del norte del Perú. “Tesis De Ingeniero Agrónomo”.Piura.Peru.Universidad Nacional de Piura.31pp
- Luc, M., And Vilardebó, A. 1961.** Les nematodes associes aux bananiers cultives dans l’ouest Africain. *Fruits* 16: 205–219.
- Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. 2005.** Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture, 2nd edn.CAB International, Wallingford, UK
- Luc, M., Sikora, RAL, and Bridge, J. 1990.** Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Edited by Michel Luc, Richard A. Sikora, John Bridg. London, International Institute of Parasitology, CAB. 700 p.
- Macdonald, D.H. 1976.** Effects of *Paratylenchus hamatus* on productivity of greenhouse roses. *Journal of Nematology* 8: 294.
- Machon, J.R. 1972.** *Pratylenchus brachyurus*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 8, N° 120.
- Maggenti, A.R., Luc, M., Raski, D.J., Fortuner, R. and Geraert, E. (1988)** A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 11. List of generic and supra-generic taxa, with their junior synonyms. *Revue de Nématol.* 11, 177–188.
- Mai, W. F., P. G. Mullin, H. H. Lyon, AND K. Loeffle.1996.** Plant-Parasitic nematodes: a pictorial key to genera. Cornell University Press. 277Pp., Ithaca,NY.

- Marín, D.H., Sutton, T.B., Barker, K.R., Kaplan, D.T., AND Opperman, C.H. 1998.** Burrowing nematode resistance of black sigatoka resistant banana hybrids. *Nematropica* 28: 241-247.
- Mc Intyre, B.D., Gold, C.S., Kashaija, I.N., Ssali, H., Night, G., and Bwamiki, D.P. 2001.** Effects of legume intercrops on soil-borne pests, biomass, nutrients and soil water in banana. *Biology and Fertility of Soils* 34: 342–348.
- Mcsorley, R., AND Gallaher, R.N. 1994.** Effect of yard waste compost on plant-parasitic nematode densities in vegetable crops. *Supplement to the Journal of Nematology* 27:545–549.
- Mcsorley, R., and Parrado, J.L. 1986.** *Helicotylenchus multicinctus* on bananas, an international problem. *Nematropica* 16, 73–91.
- Neher, D. A. 2001.** Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of nematology*, 33(4), 161.
- O'Bannon, J.H. 1977.** Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. *Journal of Nematology* 9(1): 16-25.
- Orion, D., Levy, Y., Israeli, Y., and Fisher, E. 1999.** Scanning electron microscope observations on spiral nematode (*Helicotylenchus multicinctus*). *Nematropica* 29: 179–183.
- Pinochet, J. 1977.** Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantains in Honduras. *Plant Disease Reporter* 61: 518–520.
- Pinochet, J. 1978.** Histopathology of the root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae* on plantains, *Musa* AAB. *Nematologica* 24, 337–340.
- Quénéhervé, P., and Cadet, P. 1985.** Localisation des nematodes dans les rhizomes du bananier cv Poyo. *Revue de Nematologie* 8: 3–8.
- Quénéhervé, P., de Bock, S., Valette, C. and Chabrier, C. (2000)** Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp. associated with bananas in Martinique (abstract). *Nematropica* 30, 145.
- Queneherve. 1990.** Spatial arrangement of nematodes around the banana plant in the Ivory Coast, related comments on the interaction among concomitant phytophagous nematodes. *Acta Oecologica* 11, 875–886.
- Robinson, J.C. 1996.** Plátanos y plátanos. TAXI. Internacional. págs. 283 Rukazambuga, N.D.T.M., c.s. Gold, s R. Gowen, y P. Ragama. 2002. La influencia de la gestión de los cultivos en las poblaciones de picudo de plátano, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: curculionidae) y el rendimiento del plátano de cultivo de las tierras altas (cv Atwalira) en Uganda. *Toro. Entomol. Res.* 92: 413 - 421,

- Rodriguez-Kabana, R, Pinochet, J. Ertson, D.G., and Wells, L. 1992.** Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. Supplement. J. Nematol. 24(4S): 662-668.
- Rodriguez-Kabana, R. 1986.** Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. Journal of Nematology 18:129-135.
- Rodríguez-Kábana, R., J. W. Kloepper, D. G. Robertson, and L. W. Wells. 1992.** Velvetbean for the management of root-knot and southern blight in peanut. Nematropica 22: 75-80.
- Román, J., Rivas, X. y Rodríguez, J. 1974.** Control de nematodos del plátano por rotación con yerba Pangola. Nematropica. 4(1): 4-5.
- Rosales, L.C. y Suárez, Z.** Nemátodos entomopatógenos como posibles agentes de control de Gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar 1824) (Coleóptera: Curculionidae). Bol. Entomológica Venezolana 1998; 13: 123-140.
- Rubiano-Rodriguez, J.A. y Vargas-Ayala, R. 1999.** Sistemas de cultivo platano-mucuna y su influencia sobre la dinamica poblacional de nematodos fitoparasiticos. Nematropica. 29(2): 133
- Sánchez P, A.** 1999. Cultivos de plantación. México. 25-28.
- Sarah, J.L. Pinochet, J. y Stanton, J. 1996.** El nematodo barrenador del banano *Radopholus similis* Cobb. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Plagas de Musa - Hoja Divulgativa N°. 1
- Sasser J.N. 1980.** Root-Knot nematodes: a global menace to crop production. Plant Disease 64: 36-41.
- Sasser, J. N. 1989.** Plant-Parasitic Nematodes: The Farmer's Hidden Enemy. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Sasser, J.N. and Carter, C.C. 1985.** *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vols 1 and 2. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Siddiqi, M.R. 1972.** *Helicotylenchus dihystra*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 1, N° 9; Set 2 N° 23.
- Siddiqi, M.R. 2000.** Tylenchida Parasites of Plants and Insects. CABI, UK, 833 pp.
- Sikora, R.A. 1979.** Observations on *Meloidogyne* with emphasis on disease complexes, and the effect of host on morphometrics. *Proceedings of the Second Research Planning Conference on Root-knot Nematodes, Meloidogyne spp.*, Athens, pp. 93–104.
- Sikora, R.A., and Schlossen, E. 1973.** Nematode and fungi associated with root systems of bananas in a state of decline in Lebanon. Plant Dis. Rep. 57: 615-618.

- Simmonds, N. W.** Los plátanos. Editorial Blume. Barcelona, España. 539 pp. 1973.
- Stover, R.H. Y N.W. Simmonds. 1987.** Bananas. Longman Scientific & Technical. 468 p
- Vicente, N. E., and Acosta, N. 1987.** Effects of *Mucuna deeringiana* on *Meloidogyne incognita*. Nematropica 17: 99-102
- Widmer, T.L., Mitkowski, N.A., and Abawi, G.S. 2002.** Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. J. Nematol. 34(4): 289-295.
- Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. DE Goede, D. W. Freckman, and S. S. Georgieva. 1993.** Feeding habits in nematode families and genera- an outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25:315-331.
- Zuckerman, B.M., and Strich-Harari, D. 1963.** The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) in banana roots. Nematologica 9: 347–353.

CAPÍTULO 8

8.1 ANEXOS

Cuadro 5: Medidas morfométricas (promedio +/- desviación estandar) de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de la Matanza, provincia de Morropón.

Género	Valores del carácter		
	L (mm)	J2 (μm)	Estilete (μm)
Machos (n=10)			
<i>Meloidogyne</i>	1.31 ± 0.20	395.3 ± 112.01	
<i>Pratylenchus</i>	0.56 ± 0.06		
<i>Helicotylenchus</i>	0.73 ± 0.15		
<i>Tylenchus</i>	0.86 ± 0.05		
<i>Paratylenchus</i>			
Hembras (n=10)			
<i>Meloidogyne</i>			
<i>Pratylenchus</i>	0.60 ± 0.12		
<i>Helicotylenchus</i>	0.83 ± 0.17		
<i>Tylenchus</i>	0.85 ± 0.05		
<i>Paratylenchus</i>	0.41 ± 0.05		37.9 ± 9.6

Cuadro 6: Zonas de recolección de muestras de suelo más raíces del cultivo de banano, sector, productor, Asociación, del valle del Alto Piura, Distrito de La Matanza –Morropón.

CODIGO	SECTORES	AGRICULTOR	COOPERATIVA
M1	Invernas	Ruiz Montalbán Rodolfo	Asprosol
M2	Invernas	Monja Mío José Mercedes	Asprosol
M3	Santa Marcela	Carrasco Prieto Luis Enrique	Asprosol
M4	Santa Marcela	Práxedes Palacios	Asprosol
M5	Santa Marcela	Montalbán Infante	Asprosol
M6	Santa Marcela	Montalbán Infante Francisco.	Asprosol
M7	Santa Marcela	Jorge Palacios	Asprosol
M8	Repartidor	Miguel Valladares Montalban	Asprosol
M9	Repartidor	Jacinto Rodríguez Carrillo	Asprosol
M10	Repartidor	Crisanto Rojas Jorge	Asprosol
M11	Repartidor	Rodriguez Vargas Jose Willian	Asprosol
M12	Pabur Viejo	Agro pacha Lote 57	Independiente
M13	Pabur Viejo	Agro pacha Lote 58	Independiente
M14	Pampas 01	Yovera Bran Polidoro	Asprosol
M15	Pampas 01	Yovera Bran Reynaldo	Asprosol
M16	Pampas 04	Raúl Adán Tineo Torres	Asprosol
M17	Pampas 04	Manuel Montalván Chávez	Asprosol
M18	Los Rosos	Juan Rodríguez	Asprosol
M19	Los Rosos	Manuel castillo	Asprosol
M20	Carrasco	Chavez Pacherez Oscar	Asprosol
M21	Práxedes	Bruno Paz Gonzalo Enrique	Independiente
M22	Huerta Pabur	Marco Antonio Peña Montalban	Independiente
M23	Mango viejo	Prospero Chávez Lloclla	Asprosol
M24	El Mango	Valverde Yenque Jaime	Asprosol